Centre de Toxicologie du Québec

Etude sur l'efficacité du lavage à l'eau froide pour éliminer le glyphosate sur les vêtements de travail.

Août 1989

Le Centre Hospitalier de l'Université Laval — 2705, boul. Laurier, Québec, Qué. G1V 4G2

ETUDE SUR L'EFFICACITE DU LAVAGE A L'EAU FROIDE POUR ELIMINER LE GLYPHOSATE SUR LES VETEMENTS DE TRAVAIL

Onil Samuel, Coordonnateur de recherche
Jean-Guy Guillot, M. Sc. Chim. P.

Laboratoire de Toxicologie
Juin 1989.

Résumé

La présente étude a été réalisée dans le but d'évaluer l'efficacité du lavage à l'eau froide pour éliminer les résidus de glyphosate adsorbés sur les vêtements de travail et ainsi estimer la possibilité du port d'habits de travail en tissus au lieu d'imperméables moins confortables pour le travailleur.

Quatre expériences furent effectuées sur des pantalons de travail avec du glyphosate technique et du glyphosate commercial de marque VISION. Les quantités totales de glyphosate déposées sur ces vêtements ont été de 22 ± 4 mg. Deux autres expériences furent effectuées sur des habits de travail contaminés avec 545 et 1090 mg de la formulation commerciale. Lors de ces expériences, les concentrations de glyphosate dans l'eau de lavage et de rinçage ainsi que sur les zones de tissus après lavage furent déterminées. Lors des deux dernières expériences, des mesure du glyphosate dans l'eau de trempage furent effectuées. Les lavages furent effectués dans de l'eau froide avec une lessiveuse automatique.

Les résultats indiquent que le glyphosate passe rapidement dans l'eau de lavage et n'est généralement pas détecté dans l'eau de rinçage. La mesure du glyphosate résiduel sur les vêtements a montré que l'efficacité du lavage à l'eau froide est généralement supérieure à 99 %.

Il ressort de cette étude que le lavage ou possiblement un trempage prolongé sont des moyens efficaces pour enlever le glyphosate adsorbé sur les vêtements contaminés

Abstract

The present study was undertaken in order to evaluate the effectiveness of washing with cold water to eliminate glyphosate residues adsorbed on working garment and thus to estimate the possibility of using fabric clothing in the place of rainwear which is less confortable for the worker.

Four experiments were performed on working trousers using both technical glyphosate and the commercial formulation VISION. The total quantity of glyphosate deposited on each garment was 22 ± 4 mg. Two other experiments were also perform on overalls contaminated with 545 and 1090 mg respectively of commercial formulation. During these experiments, the glyphosate concentrations were determined in the wash and rinse water and also on the contaminated pieces of fabric. For the last two experiments, glyphosate concentrations were measured in the soaking water. All washes were carried out with cold water in a washing machine.

The results indicate that glyphosate was quickly removed from the clothing, and generally, was not detected in the rinse water. Subsequent measurement of residual glyphosate on garment show that the effectiveness of washing in cold water is greater than 99 %.

As appears from this study, cold water washing or a prolonged soaking efficiently remove glyphosate from the work garment.

TABLE DES MATIERES

RESUME ii
ABSTRACT iii
TABLE DES MATIERES iv
LISTE DES TABLEAUX v
LISTE DES FIGURES vi

1 INTRODUCTION 2

2 PROTOCOLE EXPERIMENTAL 2

2.1 Matériel 2

2.2 Méthode 3

2.2.1 EXPERIENCE I: Lavage à l'eau froide d'un pantalon contaminé avec 23.6 mg de glyphosate technique 4

2.2.2 EXPERIENCE II: Lavage à l'eau froide d'un pantalon contaminé avec 19.1 mg de glyphosate commercial(VISION) 5

2.2.3 EXPERIENCE III ET IV: Lavages à l'eau froide de pantalons contaminés avec 27.9 mg de glyphosate technique et 28.1 mg de la formulation commerciale (VISION) . . . 5

2.2.4 EXPERIENCE V ET VI:Lavages à l'eau froide d'habits de travail contaminés avec 545 et 1090 mg de la formulation commerciale (VISION) 5

2.3 Précautions spéciales pour le lavage des vêtements . . . 6

2.4 Méthode analytique 6

3 RESULTATS ET DISCUSSION 7

3.1 Expérience 1 7

3.2 Expérience II 10

3.3 Expérience III et IV 13

3.4 Expérience V et VI 18

3.5 Discussion 21

4 CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS 22

5 BIBLIOGRAPHIE 24

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU I: Résultats des analyses de glyphosate dans les eaux de lavage et de rinçage. Expérience I avec 23.6 mg de glyphosate 99% . . 9

TABLEAU II: Résultats des analyses de tissus contaminés au glyphosate. Expérience avec 23.6 mg de glyphosate 99% 9

TABLEAU III: Résultats des analyses de glyphosate dans les eaux de lavage et de rinçage. Expérience II avec 19.1 mg de glyphosate Vision 12

TABLEAU IV: Résultats des analyses de tissus contaminés au glyphosate. Expérience II avec 19.1 mg de glyphosate Vision 12

TABLEAU V: Résultats des analyses de glyphosate dans les eaux de lavage. Expérience III avec 27.9 mg de glyphosate à 99% 15

TABLEAU VI: Résultats des analyses de tissus contaminés au glyphosate. Expérience III avec 27.9 mg de glyphosate à 99% 15

TABLEAU VII: Résultats des analyses de glyphosate dans les eaux de lavage. Expérience IV avec 28.1 mg de glyphosate Vision à 37.4% 17

TABLEAU VIII: Résultats des analyses de tissus contaminés au glyphosate . Expérience IV avec 28.1 mg de glyphosate Vision à 37.4% 17

TABLEAU IX: Résultats des analyses de glyphosate dans les eaux de trempage, lavage, premier et deuxième rinçages. Expérience V avec 545 mg de glyphosate Vision à 37.4% 19

TABLEAU X: Résultats des analyses de glyphosate sur les tissus. Expérience V avec 545 mg de glyphosate Vision à 37.4% 19

TABLEAU XI Résultats des analyses de glyphosate dans les eaux de trempage, lavage, premier et deuxième rinçages. Expérience VI avec 1090 mg de glyphosate Vision à 37.4% 20

LISTE DES FIGURES

FIGURE I: Evolution des taux de glyphosate en fonction du temps de lavage. Expérience avec 23.6 mg de glyphosate à 99% 8

FIGURE II: Evolution des taux de glyphosate en fonction du temps de lavage. Expérience avec 19.1 mg de glyphosate à 37.4% 11

FIGURE III: Evolution des taux de glyphosate en fonction du temps de lavage. Expérience avec 27.9 mg de glyphosate à 99% 14

FIGURE IV Evolution des taux de glyphosate en fonction du temps de lavage. Expérience avec 28.1 mg de glyphosate à 37.4% 16

1 INTRODUCTION

Cette étude fait suite à une demande du Ministère de l'Energie et des Ressources du Québec au Centre de Toxicologie du Québec. Elle vise une meilleure compréhension du risque pour la santé des travailleurs exposés aux pesticides et l'amélioration, lorsque possible, du confort des travailleurs forestiers.

Dans cette étude, l'efficacité du lavage à l'eau froide pour éliminer les résidus de glyphosate adsorbés sur les vêtements fut évaluée afin d'estimer la possibilité du port d'habits de travail conventionnels au lieu d'imperméables moins confortables pour le travailleur. On retrouve dans le présent rapport la description des différentes expériences faites afin de vérifier l'efficacité du lavage à l'eau froide pour éliminer le glyphosate contaminant les vêtements de travail, les résultats obtenus, une discussion de ces résultats ainsi que les recommandations qui en découlent.

2 PROTOCOLE EXPERIMENTAL

2.1 Matériel

Pour les fins de cette recherche, des pantalons de travail (50% coton - 50% polyester) et des uniformes de travail (35% coton - 65% polyester) ont été utilisés. La superficie approximative des pantalons et habits de travail était respectivement 1.5 et 2.4 m^2.

Ces vêtements ont été lavés dans une lessiveuse automatique domestique. La durée des cycles de lavage et de rinçage était respectivement de 12 et 2 minutes. Le volume d'eau moyen utilisé pour le lavage et le rinçage a été de 58 litres évalué par pesée suite à la récupération de l'eau du lavage dans un contenant. La température moyenne de l'eau pour le lavage et le rinçage était de 5° C. On notera que l'eau utilisée pour les expériences provenait du système de distribution d'eau de la ville de Québec.

2.2 Méthode

En février dernier, le laboratoire de toxicologie du Québec a proposé au Ministère de l'Energie et des Ressources du Québec un protocole pour le lavage des vêtements contaminés au glyphosate.

Vu les disponibilités en forêt, il a été entendu d'effectuer seulement des lavages à l'eau froide. Suite à des essais préliminaires en laboratoire, deux expériences ont été faites avec du glyphosate technique à 99% et deux autres avec du glyphosate commercial de marque Vision ayant une teneur en glyphosate de 37% (teneur vérifiée en laboratoire). Pour ces lavages, les teneurs en glyphosate sur les zones délimitées ont varié de 1 à 400 µg par cm^2 et les quantités totales de glyphosate déposées sur les vêtements ont été de 22 ± 4 mg. Suite à ces quatre expériences, deux autres lavages ont été faits sur cinq et trois habits de travail contaminés respectivement avec 545 et 1090 mg de la formulation commerciale. Les résultats de l'étude de Laberge[1] avec le 2,4,5-T ont servi de référence lors de la détermination des différentes quantités de glyphosate à déposer sur les vêtements. Lors des dernières expériences, les concentrations du glyphosate dans l'eau de trempage, de lavage, ainsi que des premier et deuxième rinçages furent déterminées.

Pour des raisons pratiques, le volume d'eau utilisé fut évalué par pesée. La cédule de prélèvements des eaux de lavage et de rinçage fut déterminée en fonction de la durée des cycles de lavage et de rinçage de la laveuse automatique utilisée.

Sur chacun des vêtements à être lavé, 8 zones carrées furent délimitées par un fil à coudre et clairement identifiées. La superficie des zones était de 100 cm^2 pour quatre d'entre elles et de 25 cm^2 pour les autres. Les zones de 25 cm^2 étaient adjacentes à celles de 100 cm^2 et séparées par un espace de 10 cm. L'emploi de zones de superficies différentes avait pour but de varier la concentration de glyphosate par cm^2 pour une même quantité de produit ajouté au tissu.

Le glyphosate fut ajouté au centre de chaque zone et les vêtements furent séchés avec un jet d'air chaud pour les 4 premières expé-

riences et avec un jet d'air froid pour les 2 dernières expériences. Après le séchage , deux zones contaminées de 100 cm^2, ainsi qu'une zone de 100 cm^2 sur laquelle il n'y a pas eu d'application de glyphosate furent découpées et transférées dans un tube Falcon de 45 mL à titre de contrôle de la méthode de désorption et pour évaluation des interférences.

Les vêtements contaminés au glyphosate furent ensuite lavés à l'eau froide. Durant les cycles de lavage et de rinçage, le lessivage fut momentanément interrompu et à chaque fois 200 ml d'eau furent prélevés avec un bécher et transférés dans un tube Falcon de 45 ml. Le lavage terminé, les vêtements furent séchés dans une sécheuse automatique. Par la suite, les zones du vêtement ayant été contaminées au glyphosate et les zones interstitielles furent découpées, transférées dans des tubes falcon de 45 ml, identifiées puis envoyées au laboratoire pour analyse.

2.2.1 EXPERIENCE I: Lavage à l'eau froide d'un pantalon contaminé avec 23.6 mg de glyphosate technique

Pour cette première expérience, un total de 23.6 mg de glyphosate fut déposé sur un pantalon de travail. Les quantités de glyphosate déposées au centre des zones délimitées ont varié entre 0.1 et 10 mg.

Des solutions de travail de glyphosate (1, 10, 25 et 50 mg/mL) ont été préparées avec du glyphosate 99% (laboratoire) et standardisées le jour précédent l'expérience. La superficie des zones délimitées sur le pantalon étaient de 25 ou 100 cm^2 donnant les teneurs en glyphosate variant entre 1 à 400 $\mu g/cm^2$.

Après séchage des taches par un jet d'air chaud, deux zones contenant respectivement 10 et 0.5 mg de glyphosate ont été découpées et transférées dans des tubes Falcon de 45 mL pour évaluer la méthode de désorption. Le pantalon contaminé au glyphosate (23.6 mg) a été par la suite lavé dans 58 litres d'eau à une température de 5° C puis rincé dans un même volume d'eau. Durant le lessivage, l'eau a été prélevée au temps 0 (avant d'ajouter le pantalon contaminé), 2, 5, 10 et 12 minutes et

transférée dans des tubes Falcon de 45 mL. Durant le rinçage, l'eau a été prélevée au temps 0 et après 2 minutes, le dernier correspondant à la fin du rinçage.

2.2.2 EXPERIENCE II: Lavage à l'eau froide d'un pantalon contaminé avec 19.1 mg de glyphosate commercial(VISION)

La deuxième expérience est une réplique du premier lavage sauf que le glyphosate commercial de marque Vision ayant une teneur de 37.4% en glyphosate fut utilisé et que des précautions spéciales furent prises pour le lavage. Ces dernières seront décrites au point 2.3.

2.2.3 EXPERIENCE III ET IV: Lavages à l'eau froide de pantalons contaminés avec 27.9 mg de glyphosate technique et 28.1 mg de la formulation commerciale (VISION)

Les essais III et IV sont des répliques des expériences I et II et ils ont comme but de vérifier la reproductibilité des lavages.

2.2.4 EXPERIENCE V ET VI: Lavages à l'eau froide d'habits de travail contaminés avec 545 et 1090 mg de la formulation commerciale (VISION)

Suite à la présentation des résultats des quatre premiers essais au Ministère de l'Energie et des Ressources, il a été entendu de faire deux autres lavages en contaminant 20 et 50 fois plus les vêtements avec la formulation commerciale que lors des essais précédents. Le but de ces expériences était d'évaluer les concentrations de glyphosate dans l'eau de trempage, lavage, premier et deuxième rinçages.

Pour ce faire, nous avons fait un premier essai avec cinq habits de travail sur lesquels nous avons déposé au total 545 mg de la formulation commerciale par portions de 21.8 mg sur vingt-cinq zones réparties sur les cinq habits de travail. Lors de la

contamination des vêtements, un papier d'aluminium a été déposé sous la surface du vêtement à être contaminé. Par la suite, les taches ont été séchées par un jet d'air froid et les feuilles d'aluminium ont été lavées avec les vêtements. Pour le dernier essai, trois habits de travail contaminés au total avec 1090 mg de la formulation commerciale ont été utilisés en suivant le même protocole.

2.3 Précautions spéciales pour le lavage des vêtements

Sauf pour le premier essai où seulement les pantalons ont été prélavés à l'eau chaude, les précautions suivantes ont été prises lors des autres expériences:

A) Double prélavage et rinçage des vêtements à l'eau chaude avant de déposer le glyphosate.

B) Nettoyage et rinçage de la cuve de lavage au début de chaque expérience.

C) Port de gants chirurgicaux.

D) Pour les deux derniers essais (545 et 1090 mg de glyphosate commercial) une feuille d'aluminium fut placée en dessous du vêtement sur lequel fut déposé du glyphosate. Par la suite le papier d'aluminium a été lavé avec les vêtements contaminés.

2.4 Méthode analytique

La détermination du glyphosate fut effectuée par chromatographie liquide à haute performance en utilisant la méthode de Moye et coll. [2]. En résumé, la technique analytique consiste à séparer le glyphosate des autres constituants de la matrice à analyser sur une colonne échangeuse d'ions. Par la suite, le glyphosate est oxydé par l'hypochlorite de sodium, puis couplé à l'orthophthaldialdéhyde en présence du 2-mercaptoéthanol pour former un dérivé détecté par fluorescence.

3 RESULTATS ET DISCUSSION

Les résultats détaillés de chaque expérience ainsi qu'une discussion sur les résultats sont présentés dans cette section.

3.1 Expérience I

Nous présentons à la figure I et aux tableaux I et II les résultats obtenus lors du premier lavage. Ces résultats indiquent que le glyphosate passe rapidement dans l'eau de lavage. Après deux minutes de lavage, la concentration de glyphosate dans cette eau atteint 90% de la concentration maximale mesurée après dix minutes de lavage. La récupération du glyphosate dans l'eau de lavage a été 47.5% de la quantité initialement déposée sur le vêtement et la concentration du glyphosate dans l'eau de rinçage a été inférieure à la limite de détection analytique de 10 µg/L.

Pour les zones du vêtement souillées au glyphosate à des teneurs variant entre 1 et 400 µg/cm^2, l'analyse de l'eau de désorption indique que le lavage a éliminé 99.5% et plus du glyphosate initialement déposé sur le vêtement. Sur les zones intersticielles du vêtement où il n'y a pas eu d'application du pesticide, l'analyse de l'eau de désorption montre que le glyphosate est non décelable, soit une concentration de glyphosate inférieure à 0.0025 µg/cm^2.

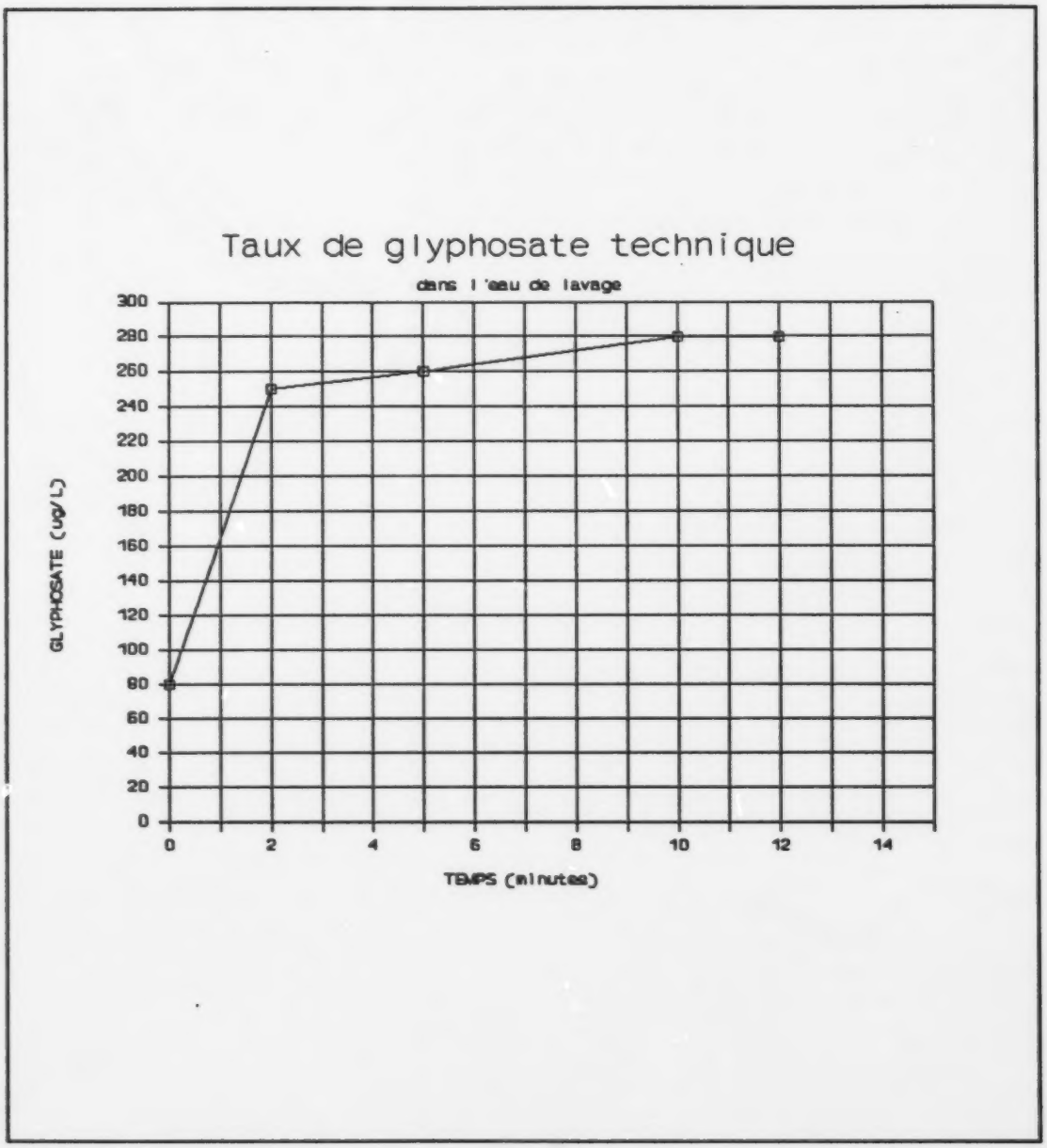

Figure I. **Evolution des taux de glyphosate en fonction du temps de lavage. Expérience avec 23.6 mg de glyphosate à 99%. La concentration maximale prévue dans l'eau de lavage était de 406 µg/L.**

Tableau I

Résultats des analyses de glyphosate dans les eaux de lavage et de rinçage. Expérience I avec 23.6 mg de glyphosate 99%.

Echantillon analysé (temps en minutes)	Concentration de glyphosate (µg/L)
* Eau de lavage (0)	80 **
Eau de lavage (2)	250
Eau de lavage (5)	260
Eau de lavage (10)	280
Eau de lavage (12)	280
Eau de rinçage (0)	N.D.
Eau de rinçage (2)	N.D.

* Eau avant l'addition du vêtement contaminé au glyphosate.

** Cette concentration ne représente pas du glyphosate car elle ne fut pas observée au même temps de rétention. Il fut cependant impossible de séparer le pic de cette contamination du pic de glyphosate.

N.D. La concentration du glyphosate est inférieure à 10 µg/L.

Tableau II

Résultats des analyses de tissus contaminés au glyphosate. Expérience avec 23.6 mg de glyphosate 99%.

Echantillon analysé	Concentration de glyphosate ($\mu g/cm^2$)		Récupération en %
	Quantité déposée	Quantité retrouvée	
Contrôle I	0	0.0063 *	---
Contrôle II	100	100 *	100
Contrôle III	20	16 *	80
Zone I	1.0	0.004	0.4
Zone II	400	0.017	0.004
Zone III	100	0.034	0.03
Zone IV	50	0.0098	0.02
Zone VII	10	0.0042	0.04
Interstice I & III	0	N.D.	---
Interstice II & IV	0	N.D.	---
Interstice VI & VIII	0	N.D.	---

* Les zones contrôles n'ont pas été lavées.

N.D. La concentration de glyphosate est inférieure à 0.0025 $\mu g/cm^2$.

3.2 Expérience II

Les résultats sont présentés à la Figure II et aux tableaux III et IV. Ces résultats montrent que l'eau de lavage au temps zéro n'était pas contaminée et que la concentration maximale en glyphosate est atteinte après deux minutes de lavage. La récupération du glyphosate dans l'eau de lavage a été de 82% de la quantité initialement déposée sur le pantalon.

Comme pour l'expérience précédente, le glyphosate n'a pas été décelé dans l'eau de rinçage et sur les zones intersticielles du vêtement où il n'y a pas eu d'application de glyphosate. De même sur les zones lavées après enrichissement en glyphosate à des teneurs variant entre 1 et 400 $\mu g/cm^2$, le lavage a éliminé 99.3% et plus du glyphosate initialement déposé sur le vêtement.

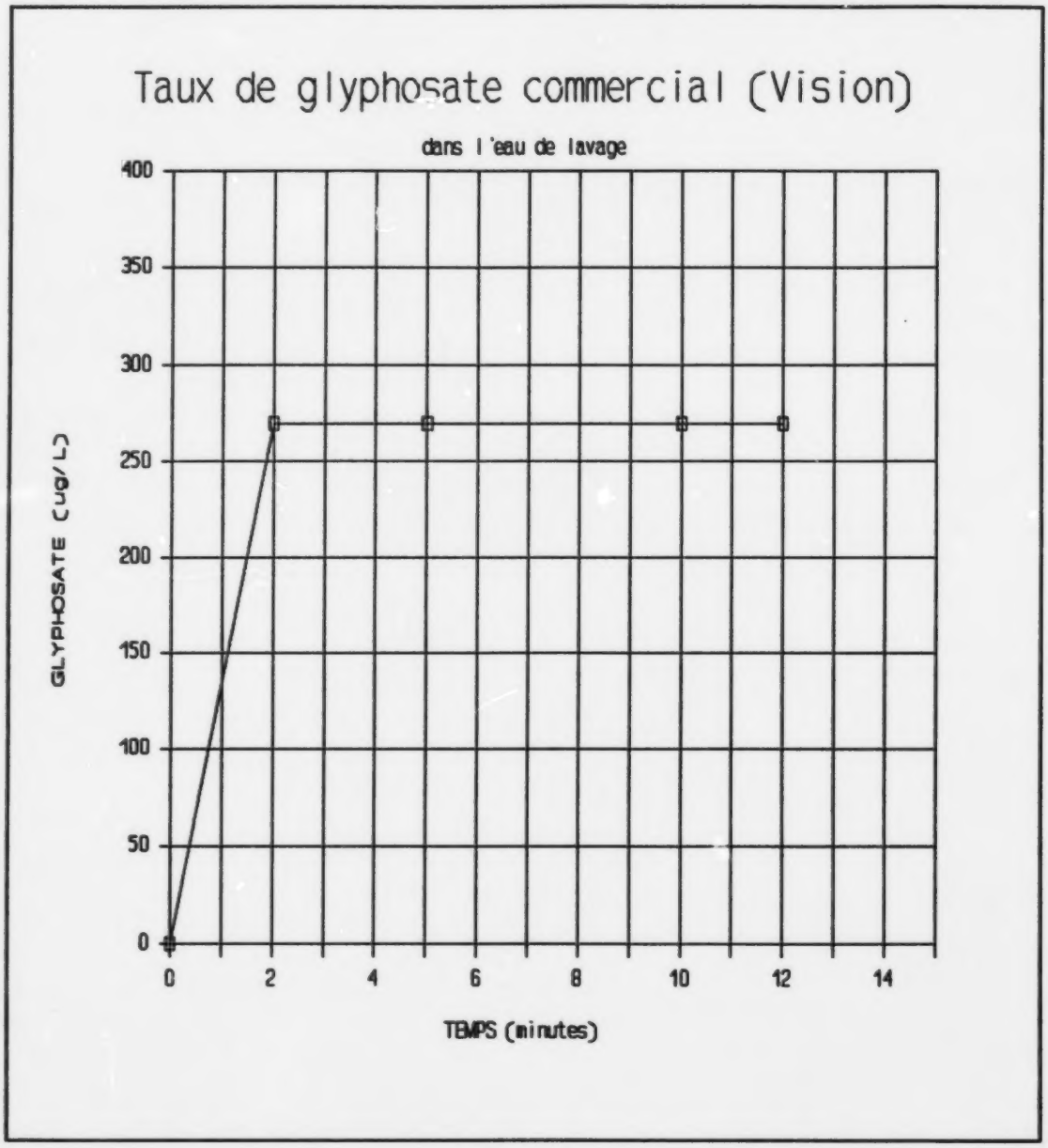

Figure II. **Evolution des taux de glyphosate en fonction du temps de lavage. Expérience avec 19.1 mg de glyphosate à 37.4%, la concentration maximale prévue dans l'eau de lavage était de 330 µg/L.**

Tableau III

Résultats des analyses de glyphosate dans les eaux de lavage et de rinçage. Expérience II avec 19.1 mg de glyphosate Vision.

Echantillon analysé (temps en minutes)	Concentration de glyphosate (µg/L)
* Eau de lavage (0)	N.D.
Eau de lavage (2)	270
Eau de lavage (5)	270
Eau de lavage (10)	270
Eau de lavage (12)	270
Eau de rinçage (0)	N.D.
Eau de rinçage (2)	N.D.

* Eau avant l'addition du vêtement contaminé au glyphosate.

N.D. La concentration du glyphosate est inférieure à 10 µg/L.

Tableau IV

Résultats des analyses de tissus contaminés au glyphosate. Expérience II avec 19.1 mg de glyphosate Vision.

Echantillon analysé	Concentration de glyphosate ($\mu g/cm^2$)		Récupération en %
	Quantité déposée	Quantité retrouvée	
Contrôle I	0	0 *	---
Contrôle II	100	85 *	85
Contrôle III	50	42.5 *	85
Zone I	1	0.007	0.7
Zone II	400	0.108	0.03
Zone III	100	0.038	0.04
Zone V	200	0.06	0.03
Zone VI	20	0.035	0.18
Zone VIII	10	0.023	0.23
Interstice I & III	0	N.D.	---
Interstice VI & VIII	0	N.D.	---

* Les zones contrôles n'ont pas été lavées.

N.D. La concentration de glyphosate est inférieure à 0.0025 $\mu g/cm^2$.

3.3 Expérience III et IV

Les résultats de ces deux essais sont présentés aux Figures III et IV et aux Tableaux V à VIII.

Les résultats de ces deux derniers essais confirment ceux des premiers lavages. Comme pour les essais précédents, après deux minutes de lavage, la concentration du glyphosate dans l'eau atteint 88% ou plus du taux maximal retrouvé à la fin du cycle de lavage. Sur les vêtements contaminés le lavage élimine 97% et plus du glyphosate initialement déposé. La récupération du glyphosate dans l'eau de lavage a été de 85% avec le glyphosate à 99% et de 71% avec le glyphosate commercial.

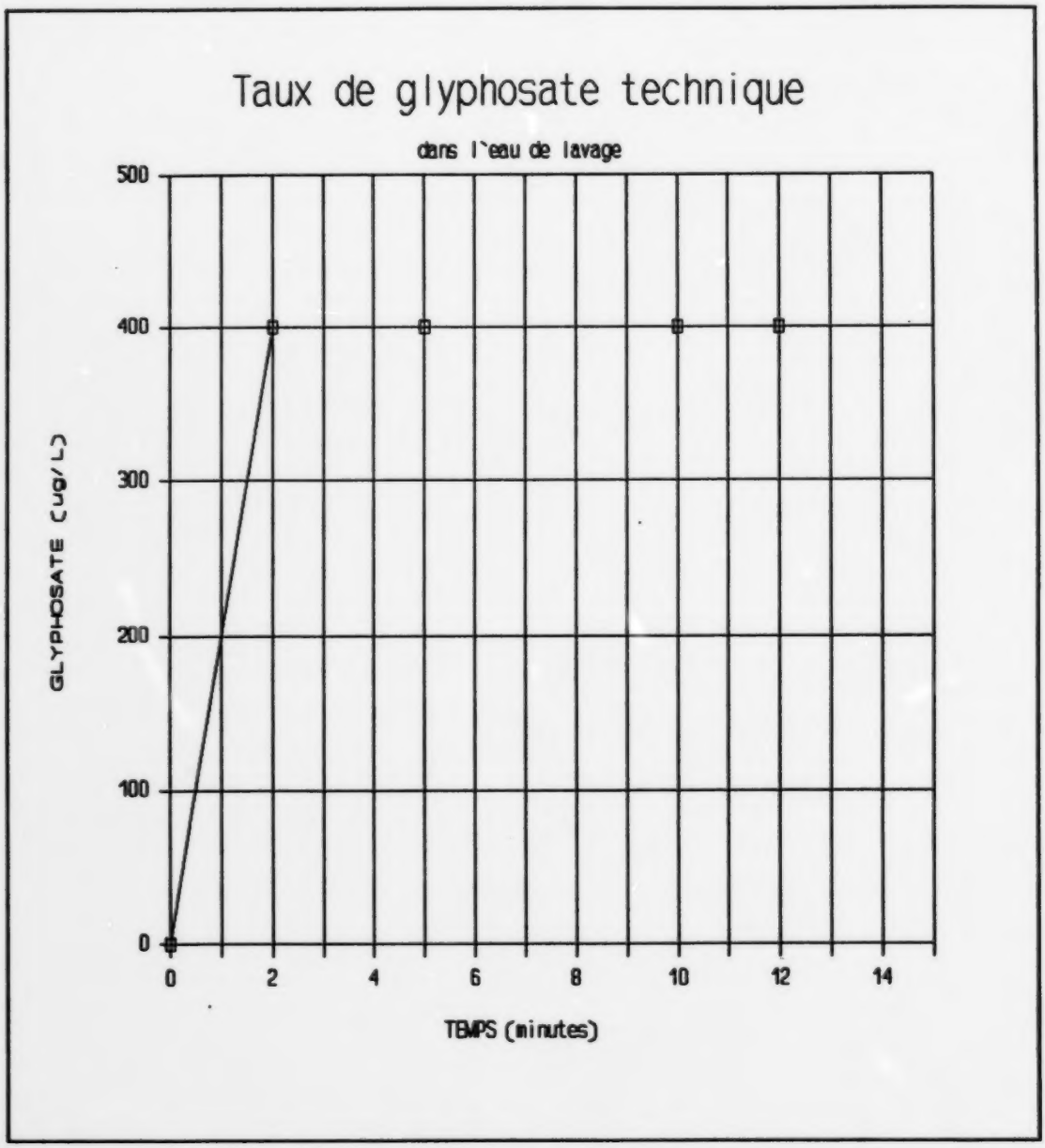

Figure III. Evolution des taux de glyphosate en fonction du temps de lavage. Expérience avec 27.9 mg de glyphosate à 99%, la concentration maximale prévue dans l'eau de lavage était de 473 µg/L.

Tableau V

Résultats des analyses de glyphosate dans les eaux de lavage. Expérience III avec 27.9 mg de glyphosate à 99%.

Echantillon analysé (temps en minutes)	Concentration de glyphosate (µg/L)
* Eau de lavage (0)	N.D.
Eau de lavage (2)	400
Eau de lavage (5)	400
Eau de lavage (10)	400
Eau de lavage (12)	400

* Eau avant l'addition du vêtement contaminé au glyphosate.

N.D. La concentration du glyphosate est inférieure à 10 µg/L.

Tableau VI

Résultats des analyses de tissus contaminés au glyphosate. Expérience III avec 27.9 mg de glyphosate à 99%.

Echantillon analysé	Concentration de glyphosate ($\mu g/cm^2$)		Récupération en %
	Quantité déposée	Quantité retrouvée	
Contrôle I	0	N.D. *	---
Contrôle II	50	50 *	100
Contrôle III	8	7.4 *	92.5
Zone I	1	0.006	0.6
Zone II	400	0.183	0.05
Zone III	100	0.021	0.02
Zone VI	20	0.011	0.05
Zone VII	200	0.035	0.02
Zone VIII	100	0.026	0.03

* Les zones contrôles n'ont pas été lavées.

N.D. La concentration de glyphosate est inférieure à 0.0025 $\mu g/cm^2$.

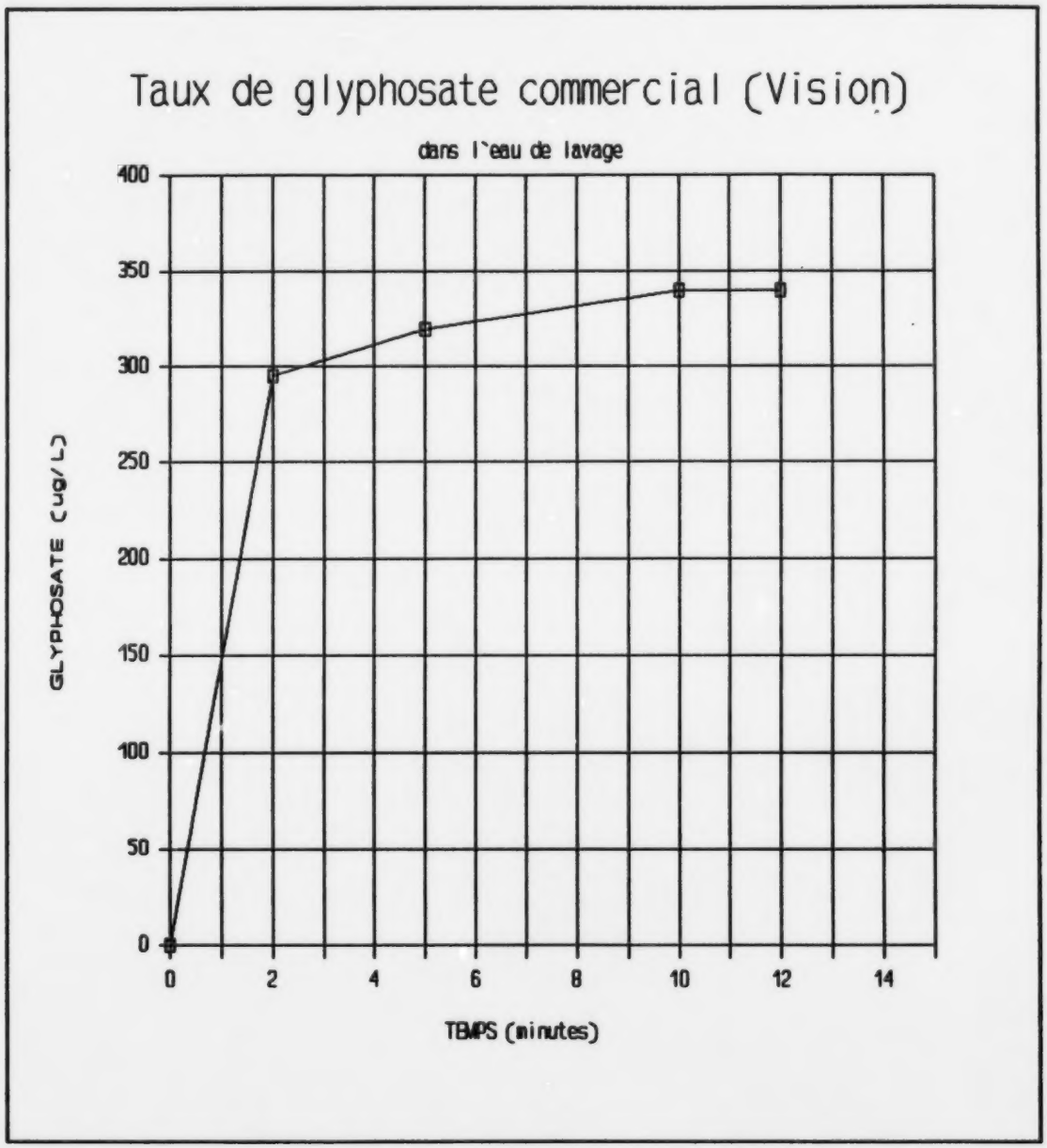

Figure IV. **Evolution des taux de glyphosate en fonction du temps de lavage. Expérience avec 28.1 mg de glyphosate Vision à 37.4%, la concentration maximale prévue dans l'eau de lavage était de 476 µg/L.**

Tableau VII

Résultats des analyses de glyphosate dans les eaux de lavage. Expérience IV avec 28.1 mg de glyphosate Vision à 37.4%.

Echantillon analysé (temps en minutes)	Concentration de glyphosate (µg/L)
* Eau de lavage (0)	N.D.
Eau de lavage (2)	295
Eau de lavage (5)	320
Eau de lavage (10)	340
Eau de lavage (12)	340

* Eau avant l'addition du vêtement contaminé au glyphosate.

N.D. La concentration du glyphosate est inférieure à 10 µg/L.

Tableau VIII

Résultats des analyses de tissus contaminés au glyphosate. Expérience IV avec 28.1 mg de glyphosate Vision à 37.4%.

Echantillon analysé	Concentration de glyphosate ($\mu g/cm^2$)		Récupération en %
	Quantité déposée	Quantité retrouvée	
Contrôle I	0	N.D. *	---
Contrôle II	50	57 *	114
Contrôle III	10	11.2 *	112
Zone I	1	0.03	3
Zone II	400	0.135	0.03
Zone III	100	0.043	0.04
Zone VI	20	0.021	0.11
Zone VII	200	0.046	0.02
Zone VIII	100	0.037	0.04

* Les zones contrôles n'ont pas été lavées.

N.D. La concentration de glyphosate est inférieure à 0.0025 $\mu g/cm^2$.

3.4 Expérience V et VI

Les résultats des deux dernières expériences sont présentés aux Tableaux IX à XI. Lors de l'expérience V avec 545 mg de glyphosate Vision, la concentration maximale de glyphosate prévue dans l'eau de lavage était de 9.2 mg/L. Après 5 minutes de trempage, le taux de glyphosate est à 54% de la concentration maximale prévue et il passe à 86.5% à la fin du cycle de lavage. La récupération du glyphosate lors des premier et deuxième rinçages a été respectivement de 5.3% et 0.3%. La récupération totale (lavage et rinçage) fut de 92.1%. Lors de cet expérience, une feuille d'aluminium a été déposée en dessous du vêtement. La concentration de glyphosate retrouvée sur cette feuille était inférieure à 0.0025 $\mu g/cm^2$.

Pour la deuxième expérience avec 1090 mg de glyphosate Vision, la concentration maximale de glyphosate prévue dans l'eau de lavage était de 18.4 mg/L. Après 5 minutes de trempage la concentration de glyphosate est à 71% du taux maximal prévu et passe à 87% à la fin du cycle de lavage. La récupération dans l'eau des premier et deuxième rinçages a été respectivement 1.8% et inférieure à 0.05%. La récupération totale (lavage et rinçage) fut supérieure à 88%.

Tableau IX

Résultats des analyses de glyphosate dans les eaux de trempage, lavage, premier et deuxième rinçages. Expérience V avec 545 mg de glyphosate Vision à 37.4%.

Echantillon analysé (temps en minutes)	Concentration de glyphosate (µg/L)
* Eau de trempage (0)	N.D.
Eau de trempage (1)	1620
Eau de trempage (2)	2700
Eau de trempage (5)	5000
Eau de lavage (1)	7020
Eau de lavage (2)	7560
Eau de lavage (5)	7700
Eau de lavage (12)	7960
** Eau de premier rinçage (0)	340
Eau de premier rinçage (2)	490
** Eau de deuxième rinçage (0)	30
Eau de deuxième rinçage (2)	30

* Eau avant l'addition des vêtements contaminés au glyphosate.

** Eau prélevée 15 secondes après le début de cycle de rinçage.

N.D. La concentration du glyphosate est inférieure à 10 µg/L.

Tableau X

Résultats des analyses de glyphosate sur les tissus. Expérience V avec 545 mg de glyphosate Vision à 37.4%.

Echantillon analysé	Concentration de glyphosate ($\mu g/cm^2$)		Récupération en %
	Quantité déposée	Quantité retrouvée	
* Contrôle I	0	N.D.	---
Contrôle II	218	212	97.2
Zone I	218	0.04	0.02

* Les zones contrôles n'ont pas été lavées.

N.D. La concentration de glyphosate est inférieure à 0.0025 $\mu g/cm^2$.

Tableau XI

Résultats des analyses de glyphosate dans les eaux de trempage, lavage, premier et deuxième rinçages. Expérience VI avec 1090 mg de glyphosate Vision à 37.4%.

Echantillon analysé (temps en minutes)	Concentration de glyphosate (µg/L)
* Eau de trempage (0)	N.D.
Eau de trempage (1)	450
Eau de trempage (2)	5500
Eau de trempage (5)	13000
Eau de lavage (1)	15000
Eau de lavage (2)	16000
Eau de lavage (5)	16000
Eau de lavage (12)	16000
** Eau de premier rinçage (0)	280
Eau de premier rinçage (2)	340
** Eau de deuxième rinçage (0)	N.D.
Eau de deuxième rinçage (2)	N.D.

* Eau avant l'addition des vêtements contaminés au glyphosate.

** Eau prélevée 15 secondes après le début de cycle de rinçage.

N.D. La concentration du glyphosate est inférieure à 10 µg/L.

3.5 Discussion

Le seul problème rencontré lors de cette étude a été une certaine variabilité des recouvrements de glyphosate sur les zones contrôles non lavées (80 à 114%, pour une moyenne de 97.6%) et dans l'eau de lavage (47.5 à 92.1%, pour une moyenne de 77.8%). Plusieurs hypothèses peuvent être avancées pour essayer d'expliquer la variabilité des recouvrements sur les pièces de tissus. D'une part, l'utilisation d'un jet d'air chaud pour activer le séchage des dépôts de glyphosate des 4 premières expériences a pu entraîner des pertes du pesticide. Lors de la mesure de glyphosate dans l'eau, de telles pertes ont déjà été notées après avoir amené à sec des solutions aqueuses de glyphosate dans une étuve ventilée chauffée à 70 °C. L'hypothèse d'une minimisation des pertes lors de l'utilisation d'un jet d'air froid semble d'ailleurs être confirmé par l'expérience V. Une récupération de l'ordre de 97.2% du glyphosate déposé fut obtenue lors de cette expérience. D'autre part, l'utilisation de microquantités (50 ou 100 µL) de la formulation commerciale plus visqueuse que le glyphosate technique peut occasionner des erreurs de manipulation non négligeables.

La variabilité des recouvrements dans l'eau de lavage peut s'expliquer en partie par une certaine imprécision sur le volume d'eau utilisée. De plus, il est possible qu'une partie du glyphosate ait été adsorbé sur les particules en suspension ou, comme le suggère Glass[3], qu'il se soit complexé avec des métaux de transition présents dans l'eau ou tout simplement perdu lors du séchage des taches. Ces différentes hypothèses n'ont pas été vérifiées dans le cadre de ce projet, il serait souhaitable qu'elles soient éclaircies lors d'une étude ultérieure.

4- CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Le but de cette étude était de vérifier l'efficacité du lavage à l'eau froide comme moyen d'éliminer les résidus de glyphosate adsorbés sur les vêtements. Les résultats de laboratoire démontrent que le lavage ou possiblement un trempage prolongé sont des moyens efficaces pour enlever le glyphosate adsorbé sur les vêtements contaminés. En effet, même dans l'eau froide (5 °C) et sans détergent, le glyphosate passe rapidement dans l'eau de lavage et n'est généralement pas détecté dans l'eau de rinçage. La mesure du glyphosate résiduel sur les vêtements a montré que l'efficacité du lavage à l'eau froide est généralement supérieure à 99%. Ces résultats étaient prévisibles vu la grande solubilité du glyphosate dans l'eau.

Même si nous avons constaté une certaine variabilité des recouvrements de glyphosate lors des différentes expériences, nous croyons que ces variations ne mettent pas en doute l'efficacité du lavage comme moyen d'éliminer les résidus de glyphosate sur les vêtements de travail.

Les résultats énumérés sont valides pour les conditions de l'étude, soit pour un lavage avec une lessiveuse domestique dont les cycles de lavage et de rinçage étaient respectivement de 12 et 2 minutes. Or, de telles commodités sont généralement inexistantes sur les sites de pulvérisations de phytocides. Les recommandations qui suivent pourraient constituer une solution de rechange en autant qu'elles soient respectées intégralement. Ces recommandations peuvent s'appliquer pour les signaleurs, les opérateurs et les contremaîtres. Dans le cas des responsables du plan de mélange, nous conseillons fortement le port d'un vêtement imperméable car les risques d'exposition sont plus élevés à ce poste vu l'utilisation du produit sous forme de concentré.

- Les vêtements de travail en tissus ne devraient pas être portés plus de deux jours consécutifs sans être lavés (environ 10 heures d'exposition).

- A tous les deux jours, les vêtements contaminés devraient normalement faire l'objet d'un trempage d'au moins 20 minutes avec agitation à des intervalles réguliers. Autant que possible, une lessiveuse automatique devra être utilisée.

- Une vérification de l'efficacité de la décontamination de ces vêtements devrait être faite.

- Le personnel responsable du lavage des vêtements de travail devrait prendre les mêmes précautions que lors de la manipulation des produits eux-mêmes.

- Comme les conditions météorologiques ne permettent pas toujours d'assurer le séchage des vêtements pour le lendemain, il faudrait s'assurer qu'un vêtement de rechange soit disponible pour chacun des travailleurs.

- Les vêtements protecteurs utilisés pour la pulvérisation des phytocides devraient être réservés uniquement à cet usage.

- L'achat de vêtements traités avec un protecteur (ex: Scotch guard) devrait être favorisé.

- Tout vêtement anormalement contaminé (ex: lors d'un renversement accidentel) devrait être jeté ou lavé immédiatement.

- Les vêtements contaminés ne devraient jamais être lavés en même temps que la lessive familiale.

- Autant que possible, les eaux de lavage devraient être intégrées à la bouillie ou gérées comme les eaux de lavage des équipements.

- Toutes les autres règles d'hygiène et de sécurité décrites dans le manuel de sécurité devraient s'appliquer intégralement.

5 BIBLIOGRAPHIE

1) LABERGE, L., " Quantité de 2,4,5-T dans les vêtements de travail lors de pulvérisations terrestres en milieu forestier et efficacité du lavage au savon comme moyen de décontamination "
Gouvernement du Québec, Ministère de l'Energie et des Ressources, Services pépinières et reboisement, février 1984, 8 p.

2) MOYE, H.A., MILES, C.J., SCHERER, S.S.,
J. Agric. Food Chem., Vol. 31, No. I, pp. 69-72, (1983).

3) GLASS, R.L.,
J. Agric. Food Chem., Vol. 32, pp. 1249-1253, (1984).